

Henri Thomander

Sähköenergian kysynnän jouston hyödyntäminen kiinteistössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

10.1.2016

<p>Tekijä(t) Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Henri Thomander Sähköenergian kysynnän jouston hyödyntäminen kiinteistös- sä</p> <p>39 sivua + 1 liite 10.1.2016</p>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Jarmo Tapio, Metropolia Ammattikorkeakoulu Ryhmäpäällikkö Pasi Poikonen, Granlund Oy
<p>Sähköenergian kysynnän jousto mahdollistaa joustavuuden sähköntuotannon ja kulutuk- sen välille. Joustavuutta tarvitaan, sillä sähkönkulutus vaihtelee jatkuvasti. Joustavuuden hyödyntäminen mahdollistaa tasapainoisemman sähkönkulutuksen, joka muun muassa pienentää sähkön markkinahintaa sekä sähkön kulutushuipun aikaisien kalliiden sähkön- tuotantomuotojen aiheuttamia ympäristöpäästöjä.</p> <p>Kysynnän joustoa hyödynnetään esimerkiksi kiinteistöjen energiansäästöissä, mutta ensisi- jaisesti sen käyttötarkoitus on sähkön huippukulutusten leikkaaminen ja siirtäminen vä- hempikulutuksiseen ajankohtaan. Kiinteistöissä tämä toteutetaan nykypäivänä useimmiten tariffien ja rakennusautomaation avulla.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia kysynnän jouston nykytilannetta ja lähitulevaisuutta ja sitä, mil- laisia keinoja sen hyödyntämiseen ja toteuttamiseen on sekä millaisia toimenpiteitä se käy- tännössä voisi vaatia.</p> <p>Kysynnän jouston käsite on vielä toistaiseksi melko vieras, joten tavoitteena oli myös laa- jentaa lukijan, sähkösuunnittelijan sekä kuluttajan tietämystä kysynnän joustosta, painottaa ja avartaa näkemystä sen mahdollisuuksista sekä siihen liittyvistä ja huomioitavista asiois- ta, kuten energiansäästöä, teknisistä ratkaisuksista ja hyödyntämispotentiaaleista, pääasi- assa toimistorakennuksen ja sähkön hintatiedon perusteella toteutetun kuormanohjauksen näkökulmista.</p> <p>Työn tuloksissa saatiin selville tietoa kysynnän joustosta ja sen hyödyntämiseen vaadituis- ta ohjauskeinoista, potentiaalisista ohjattavista kuormista ja teknisistä ratkaisuksista sekä esimerkkejä kysynnän jouston käyttötarkoituksista ja sen avulla saavutettavista hyödyistä. Selville saatiin myös, että lähitulevaisuudessa reaaliaikaiseen sähkön hintatietoon perus- tuva kuormienohjaus ja säätö tulee mahdollisesti olemaan avaintekijä herättämään kulutta- jan mielenkiintoa kysynnän joustoa kohtaan, sekä mahdollistamassa entistä joustavam- man ja tasapainoisemman sähkönkulutuksen ja –tuotannon.</p>	
Avainsanat	kysynnän jousto, reaaliaikainen hintatieto, energiansäästö

Author(s) Title	Henri Thomander Use of a Demand Response of Electricity in Properties
Number of Pages Date	39 pages + 1 appendice 10 January 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Jarmo Tapio, Principal Lecturer Pasi Poikonen, Group Manager
<p>The demand response of electric power enables flexibility of electricity production and consumption. Flexibility is needed because electricity consumption varies constantly. Use of flexibility allows for a more balanced consumption of electricity, which, among other things, reduces the market price of electricity, as well as environmental emissions from electricity consumption in peak time, due to reduced use of expensive forms of electricity production.</p> <p>Demand response is utilized for example in real estate in energy savings, but primarily it is used to cut and postpone electricity consumption to less loaded periods. In properties this will be done these days in most cases with the electricity transmission products and building automation.</p> <p>The aim of this work was to study the current situation and near future of demand response. The concept of demand response has been so far quite vague, so the goal was also to expand awareness of demand response, widen the perspective of its opportunities, as well as clarify related matters, such as energy saving, technical solutions and possibilities. The work was done mainly with the perspectives of office buildings and load controlling with the real-time market price data of electricity.</p> <p>As a result, information about demand response and the required control methods, controllable loads and potential technical solutions, were obtained.</p> <p>In the near future, controlling and adjusting electricity loads by the changes of real-time electricity market price data might be one key factor that stimulates consumers' interest about demand response, as well as enables a more flexible and balanced electricity consumption and production.</p>	
Keywords	demand response, real-time price data, energy saving

Alkusanat

Insinöörityön tekeminen sisältyy sähkötekniikan koulutusohjelman opintokokonaisuuteen. Insinöörityö on melko laaja itsenäinen harjoitustyö. Sen tarkoituksena on muun muassa valmentaa ja edistää insinööriksi valmistuvan opiskelijan siirtymistä insinöörin tehtäviin.

Insinöörityöaiheen saa valita tai keksiä itse, mutta valitsin insinöörityöaiheeni työpaikani Granlund Oy:n insinöörityöaihepankista, joka on tarkoitettu Granlundilla työskenteleville opiskelijoille. Työn aihe kuulosti mielenkiintoiselta, ajankohtaiselta sekä asialta jota koulussa ei oltu juuri lävitse käyty. Aihetta ei ollut myöskään rajattu kovinkaan tarkasti, joten sain vapautta tarkastella asiaa oman näkemyksen ja mielenkiinnon mukaan, mikä toisaalta lisäsi myös työlle haastetta.

Haluan kiittää Granlund Oy:tä mahdollisuudesta tehdä heille insinöörityö mielenkiintoisesta aiheesta. Kiitokset kuuluvat myös Marko Rajaselle, Mikael Norrmanille ja Pasi Poikoselle työhöni liittyvistä näkökulmista ja avusta.

Toivon myös, että tekemäni insinöörityö ja siitä opitut asiat tulisivat olemaan minulle hyödyksi myöhemmin työelämässä.

Helsingissä 10.1.2016

Henri Thomander

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Määritelmät ja käsitteet	1
2.1	Kysynnän jouston määritelmä	1
2.2	Kysynnän jouston käyttö	2
2.3	Kysynnän jouston käyttäjät	2
3	Miksi kysynnän joustoa?	2
4	Menetelmät ja keinot	4
4.1	Yleistä	4
4.2	Ohjauskeinot	4
4.2.1	Rakennusautomaatio	4
4.2.2	Valvonta-alakeskus	5
4.2.3	AMR-mittarit	7
4.2.4	Tulevaisuus: Clebox ja Anvia Kotitonttu?	8
4.2.5	Taajuusmittaus	9
4.3	Potentiaalisia ohjattavia kuormia	10
4.3.1	Valaistus	10
4.3.2	Ilmanvaihto ja jäähdytys	11
4.3.3	Lämmitykset	12
4.3.4	Varavoima	13
5	Sähköenergian hankinta	14
5.1	Tariffit	14
5.1.1	Yleistariffi	14
5.1.2	Aikatariffi	14
5.1.3	Tehotariffi	15
5.2	Tukkusähkömarkkinat	15
5.2.1	Elspot-markkinat	16
5.2.2	Elbas-markkinat	17
6	Reservit (Fingrid)	17
7	Esimerkkilaskelmia kannattavuudesta	18

7.1	Varavoimakoneen käyttö	20
7.2	Valaistuksen säätö	21
8	Case-esimerkit	23
8.1	Granlund Oy Helsinki	23
8.2	ABB Oy Helsinki	25
8.3	Tarkastelu	26
8.3.1	Valaistukset	26
8.3.2	Työpisteet	27
8.3.3	Tulokset ja vertailu	29
9	Sähkösuunnittelu ja kysynnän jousto	32
10	Pohdinta ja johtopäätökset	34
10.1	Tekniset ratkaisut	34
10.2	Ohjauksen ajankohta	35
10.3	Yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. GEKO 20003 ED-S/DEDA	

Lyhenteet

AMR *Automated meter reading*, automaattinen mittarinluenta, etäluettavuus

EMC *Electromagnetic compatibility*, sähkömagneettinen yhteensopivuus

Hz Hertsi

kWh Kilowattitunti

lm Lumen

MWh Megawattitunti

1 Johdanto

Sähkönkulutus vaihtelee jatkuvasti. Se on syy, jonka takia sähkönkulutuksen ja tuotannon välillä täytyy olla jonkinlaista joustavuutta. Joustavuutta voidaan toteuttaa esimerkiksi joko leikkaamalla kulutusta huippukulutuksen ajalta tai siirtämällä kulutusta otollisempaan, yleensä vähäkulutuksisempaan ajankohtaan.

Sähköenergian kysynnän jouston tavoitteena on yleensä saada kulutus jakautumaan mahdollisimman tasaisesti, mikä hyödyttää sähkömarkkinoiden eri osapuolia. Kysynnän jouston avulla toteutettu tasapainoisempi sähkönkulutus ja tuotanto vaikuttaa myönteisesti sähkön markkinahintaan.

Työn tarkoituksena oli laatia Granlund Oy:lle selvitys sähköenergian kysynnän jouston hyödyntämisestä kiinteistöissä. Työn tavoitteena on laajentaa sähkösuunnittelijan ja kuluttajan tietämystä kysynnän joustosta sekä painottaa ja avartaa näkemystä sen mahdollisuuksista sekä niihin liittyvistä ja huomioitavista asioista, kuten energiansäästöstä, teknisistä ratkaisuista ja hyödyntämispotentiaaleista. Aihetta tarkastellaan usealla eri tavalla niin taustateorioiden pohjalta kuin erilaisten esimerkkien, pohdintojen ja vertailujen avulla. Asioita tarkastellaan pääasiassa toimistokiinteistötyypin ja sähkön hintatietoon perustuvan kuormanohjauksen näkökulmista.

Työssä käydään lävitse muun muassa, mitä kysynnän jousto tarkoittaa, miksi sitä käytetään, missä sitä käytetään ja mihin sitä voidaan hyödyntää. Lisäksi käsitellään menetelmiä sen hyödyntämiseen ja taustateoriaa aiheeseen liittyen. Työ sisältää myös caseja laskelmaesimerkkejä, joiden avulla pyritään selkeyttämään ja havainnollistamaan asiaa paremmin ja toteamaan kysynnän jouston mahdollisia hyötyjä sekä potentiaalisia käyttötarkoituksia ja -kohteita.

2 Määritelmät ja käsitteet

2.1 Kysynnän jouston määritelmä

Kysynnän jouston käsite on melko laaja, ja aihetta voidaan lähestyä monesta eri näkökulmasta. Rajattaessa käsite sähköenergian kysynnän jouston hyödyntämiseen tarkoi-

tetaan sillä tiivistettynä usein sähkönkulutuksen vähentämistä tai siirtämistä toiseen ajankohtaan, eli kysyntä niin sanotusti joustaisi.

2.2 Kysynnän jouston käyttö

Sähköenergian kysyntäjoustoa voidaan käyttää ja hyödyntää monella eri tavalla, pääasiassa automaation ja ohjausmenetelmien avulla. Sitä käytetään sähkökuormien energiatehokkaan eli useimmiten taloudellisesti kannattavimman ohjaus- tai säätöajan kohdan valintaan. Kysynnän jousto on siis käytännössä vain tietoa. Sen käyttämiseen ja hyödyntämiseen tarvitaan yleensä ohjausmenetelmä, jonka avulla sähkökuormia voidaan ohjata, esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmä. Sähköenergian kysynnän jouston käyttöön ja hyödyntämiseen vaadittu ohjaus ja säätö voidaan siis toteuttaa joko manuaalisesti tai automatiikan avulla.

2.3 Kysynnän jouston käyttäjät

Kysynnän joustoa voi käyttää ja hyödyntää niin yksittäinen asukas omassa asuinkiinteistössään kuin suuri yhtiö teollisuuskiinteistöissäänkin. Tässä työssä keskitytään kuitenkin pääasiassa vain toimistokiinteistöjen tarkasteluun ja ratkaisuihin, vaikka käsitellyjä asioita olisikin mahdollista käyttää ja hyödyntää muissakin kiinteistötyypeissä kuten teollisuus- tai asuinkiinteistöissä.

3 Miksi kysynnän joustoa?

Euroopan komissio on asettanut vaatimuksia sähkömarkkinoiden kilpailukyvyille, integraatiolle, toimitusvarmuudelle ja ympäristölle. Näitä vaatimuksia on alettu tavoittelemaan Suomessa täydentämällä nykyisiä sähköverkkoja tietoliikenneverkolla ja älykkyydellä. Tavoitteena on siis tehdä olemassa olevasta sähköverkosta niin sanottua älykästä sähköverkkoa (Smart Grid). [1.]

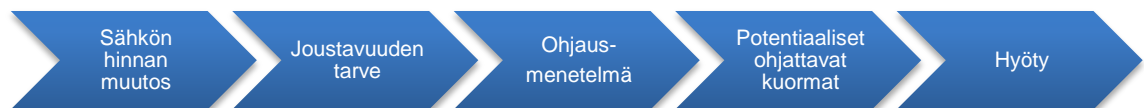
Suomen lähes jokaiseen kiinteistöön on jo vaihdettu älykäs etäluettava sähkömittari (AMR-mittari), joka onkin olennainen osa älykkäässä sähköverkossa. Älykkäässä sähköverkossa ominaista on tiedon- ja energiankulku verkon molempiin suuntiin asiakkaan

ja sähköverkkoyhtiön välillä. Älykäs sähköverkko on olennainen osa mahdollistamassa asiakkaiden energiatehokkaamman energiankulutuksen ja kysyntäjoustot. [1.]

Suomen tämänhetkisen sähköverkon tilaa voidaan sanoa jo melko älykkääksi, vaikka siirtyminen älykkäisiin verkkoihin on pitkä kehitysprosessi. Esimerkkejä sähköverkkomme älykkyydestä ovat muun muassa etäluettavat sähkömittarit, automaattinen vian paikannus ja –erotus ja verkon optimointi. [1.]

Älykkään sähköverkon ja mittauksen mahdollistamat kysynnän jouston mahdollisuudet tukevat pientä hajautettua tuotantoa, kuten esimerkiksi aurinko- ja tuulivoimaa. Nykypäivänä ja vielä enemmän tulevaisuudessa tullaan sähköä vaativia toimintoja käyttämään enemmän silloin kun sähkön hinta on halvimillaan, eli silloin kun sähköstä on alikysyntää tai ylitarjontaa. Menetelmää hyödynnetään nykypäivänä jo muun muassa asunkiihteistöissä lämminvesivaraajan veden lämmitykseen yöaikaan, jolloin sähkö on halpaa. Tulevaisuudessa taas menetelmää tullaan hyödyntämään paljon esimerkiksi sähköautojen akkujen lataamiseen edullisen sähkön hinnan aikaan. [1.]

Sähkön kysyntä tulee joustamaan ja tasapainottumaan nykyistä enemmän tuotannon mukaan älykkäiden sähköverkkojen ansiosta, mikä pienentää myös sähkön hintavaihteluita, sähköverkon komponenttien rasitusta sekä huipputehon aikaisien mahdollisten kalliiden sähköntuotantomuotojen aiheuttamia ympäristöpäästöjä. Kysynnän jouston hyödyntämisestä on siis mahdollista hyötyä monien eri osapuolien, esimerkiksi sähkönkuluttajien, verkkoyhtiöiden ja sähköntuottajien, samalla kun he toimivat järjestelmän tasapainon hyväksi. Sähkönkuluttajalle useimmiten tärkein saavutettu hyöty on taloudellista. Kuvassa 1 on havainnollistettu sähköenergian kysynnän jouston hyödyntämisprosessin eri vaiheita.



Kuva 1. Sähköenergian kysynnän jouston hyödyntämisprosessin vaiheet sähkön hintatiedon muutokseen perustuen.

4 Menetelmät ja keinot

4.1 Yleistä

Ennen kysynnän jouston hyödyntämisen toteuttamista ja sen maksimaalisen hyödyn tavoittelua on suositeltavaa huolehtia, että kiinteistön energiansäästön perusasiat ovat kunnossa. Huolehtimalla esimerkiksi seuraavaksi luetelluista asioista on mahdollista säästää energiaa ja hyötyä taloudellisesti jopa ilman kiinteistöön liittyviä muutuskuluja. Tällaisia kiinteistön energiansäästöön liittyviä huomioitavia asioita ovat muun muassa

- valaistuksen ja sähkölaitteiden käyttö vain tarpeen mukaan
- tilojen lämpötilat tarkoituksenmukaisiksi
- käyttöveden maltillinen käyttö
- tilojen tuuletus nopeasti ja tehokkaasti
- ikkunoiden ja ovien riittävä tiiviys.

4.2 Ohjauskeinot

Luvussa tarkastellaan sähköenergian kysynnän jouston hyödyntämiseen soveltuvia ohjauskeinoja pääasiassa toimistokiinteistökäyttöön liittyen.

4.2.1 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on tärkeä osa kysynnän jouston toteutuksessa ja hyödyntämisessä. Sen tärkeys ja hyöty korostuvat sitä enemmän, mitä suurempi on kohteena oleva kiinteistö. Omaamalla rakennusautomaatiojärjestelmän kuluttaja voi itse vaikuttaa kysynnän jouston avulla saatavan hyödyn suuruuteen ja teknisiin ratkaisuihin.

Rakennusautomaatio perustuu rakennukseen kuuluvan tekniikan automatisointiin. Sen avulla voidaan ohjata ja vaikuttaa muun muassa kiinteistön lämpötilaan, sisäilmaan ja

valaistukseen ja mahdollisesti myös turvallisuuteen. Ohjauksien tavoitteena on yleensä saavuttaa mahdollisimman pieni energiankulutus tinkimättä liikaa käyttömukavuudesta. [2.]

Rakennusautomaation avulla voidaan siis hallita ja ohjata rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä, esimerkiksi

- valaistusjärjestelmiä
- ilmanvaihtojärjestelmiä
- lämmitysjärjestelmiä
- hälytysjärjestelmiä
- valvontajärjestelmiä. [2.]

Energiaa säästävillä ohjauksilla on siis mahdollista saada taloudellista hyötyä. Olennaimpia tällaisia ohjauskohteita rakennuksessa ovat muun muassa

- valaistuksen ohjaus vain tarpeen mukaan
- tarkka lämmityksen säätö
- tarkka ilmastoinnin säätö. [2.]

Tarkan säädön ja tarpeen mukaisen ohjauksen mahdollistavat erilaiset anturit ja tunnistimet. Taloudellista säästöä on mahdollista saada myös asiakkaan tai ylläpitöhenkilön nopeamman ja helpomman vikojen havaitsemisen ja paikantamisen avulla. [2.]

4.2.2 Valvonta-alakeskus

VAK eli valvonta-alakeskus on kiinteistön rakennusautomaation tärkeä laitteisto. Sen tehtävänä on yhdistää kiinteistön tai kiinteistön tietyn alueen eri tekniset järjestelmät samaan paikkaan helposti ohjattavaksi järjestelmäksi. Valvonta-alakeskuksen tyypilli-

nen sijoitus on kytkentäkaappiin tekniseen tilaan, kuten lämmönjako- tai ilmanvaihtokonehuoneeseen riippuen kohteena olevasta kiinteistöstä. [2.]

Valvonta-alakeskuksia on eniten käytössä suuremmissa kiinteistökohteissa, joissa niitä voi olla useita yhdessä kiinteistössä. Ne ovat yleistymässä myös pienemmissä kohteissa kuten asuinkiinteistöissä. Syitä yleistymiseen ovat muun muassa tekniikan kehittyminen niin, että automaatio ja sen käyttö on lisääntynyt. Samoin automaation ja yleisesti elektroniikan komponenttien hinnat ovat laskemaan päin. [2.]

Käytännössä kiinteistöautomaatiossa valvonta-alakeskus yhdistää rakennuksen tekniset järjestelmät erilaisten moduulityyppien avulla. Moduulit sijaitsevat valvonta-alakeskuksessa. Tällaisia moduulityyppejä ovat muun muassa

- mittaus
- ohjaus
- säätö
- hälytys ja indikointi. [2.]

Moduuleihin yhdistetään kiinteistön tai sen osan ohjattavat kenttälaitteet sähköisesti. Kenttälaitteet ovat ne laitteet tai kojeet, joita ohjaamalla pyritään tavoittelemaan hyötyä. Yleensä tavoiteltu hyöty on energiansäästöä ja sitä kautta taloudellista hyötyä. Tällaisia ohjattavia kenttälaitteita voivat esimerkiksi olla kiinteistön

- valaisimet
- anturit ja tunnistimet
- kytkimet
- pumput
- venttiilit

- lämmittimet
- puhaltimet
- peltimoottorit
- taajuusmuuttajat. [2.]

Valvonta-alakeskuksen voi yhdistää tietokoneeseen tietoliikenneverkon avulla. Tietokoneen avulla saadaan laitteen ohjaus- ja käyntitiedot näkyviin näytölle, josta ohjauksia voidaan hallita parametreja uudelleen asettelemalla. Tällaista kokonaisuutta voidaan kutsua keskitetyksi valvomoksi, joka tarkoittaa, että tietoja voidaan hallita keskitetysti yhdestä paikasta.

4.2.3 AMR-mittarit

AMR-mittarit eli etäluettavat sähkömittarit ovat nykypäivänä mittaamassa sähkönkulutusta jo lähes jokaisessa Suomen sähköä kuluttavassa kiinteistössä. Etäluettavuudella tarkoitetaan pääasiassa sitä, että sähkönkulutustiedot välittyvät automaattisesti asiakkaalta sähkön myyjän järjestelmiin.

Tarkemmin määriteltynä AMR-mittarin sähkönkulutustiedot siirtyvät ensin sähköverkkoa pitkin (PLC-tekniikka) keskittimille, joiden tehtävänä on kerätä tietoa sähkönkäyttötiedoista. Keskittimet asennetaan yleensä kellareihin tai ulkotiloihin, jotta niitä pystytään huoltamaan vapaasti. Keskittimiltä tiedot lähtevät eteenpäin sähköverkkoyhtiölle kerran vuorokaudessa mobiiliverkkoa (3G/GPRS) pitkin. AMR-mittarit eivät siis lähetä sähkönkäyttötietoja suoraan mobiiliverkossa. Keskittimet ja AMR-mittarit toimivat sähköverkkoyhtiöiden käyttöön tarkoitetuilla taajuuksilla niille asetettujen standardien mukaisesti. [3.]

Keskittimet ja AMR-mittarit ovat EMC-standardin mukaisia. Sähkölaitteet, jotka on valmistettu standardin mukaan, eivät saa aiheuttaa häiriötä muiden laitteiden toimintaan millään sähköisellä tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei AMR-mittari häiritse millään lailla esimerkiksi asukkaan sydämentahdistimen toimintaa. [3.]

AMR-mittaria voidaan nykypäivänä käyttää myös kuormien ohjaamiseen. Yleisimmät ohjauskeinot ovat käytössä olevan sähkönsiirtotuotteen (tariffin) avulla toteutetut aika-ohjaukset, mutta kuormia pystytään myös ohjaamaan AMR-mittarin kuormanohjausreleen avulla sekä AMR-mittarin välityksellä reletiedosta kiinteistön automaatiojärjestelmään. [4.] Tariffeja ja sähköpörssimarkkinoita käydään myöhemmin työssä lävitse luvussa 5 *Sähköenergian hankinta*.

Kuormanohjausreleellä toteutetun ohjauksen avulla voidaan ohjata releeseen kytkettyä kuormaa riippuen sähkönsiirtotuotteen Elspot-pörssimarkkinan sähkönsiirtotuotteen hinnasta. Ohjausmenetelmän tavoitteena on ohjata sähkönsiirtotuotteen kuluttajan ohjausreleeseen kytkettyä kuormaa silloin kun sähkönsiirtotuotteen hinta on alimmillaan. Ohjausmenetelmän käyttöönotto voi vaatia sähköverkkoyhtiön sähköasentajan käyntiä paikan päällä, sillä monesta kohteesta puuttuu kytkentä AMR-mittarin kuormanohjausreleen ja halutun ohjattavan kuorman väliltä. Menetelmän käyttöön liittyy kuitenkin vielä toistaiseksi rajoitteita ja teknisiä puutteita, eikä se ole ainakaan vielä sellaisenaan käytettävissä toimistorakennuksen tasoisissa kohteissa. [4.]

Kuitenkin lähitulevaisuudessa reaaliaikaista sähkönsiirtotuotteen hintatietoa ohjauksessa hyödyntävän ohjausmenetelmän käytön saattaa mahdollistaa seuraavan sukupolven kiinteistöihin asennettavat etäluettavat sähkömittarit. Uuden sukupolven etäluettavien sähkömittareiden ominaisuuksiin lukeutuu vanhaan verrattuna muun muassa huomattavasti laajempi toiminnallisuus ja parempi suorituskyky. Toiminnallisuuteen kuuluu muun muassa sähkönsiirtotuotteen laadun valvontaan liittyviä uusia ominaisuuksia. Uusien mittareiden asennuksen on arvioitu alkavan Suomessa jo 2020-luvun alussa, sillä nykyisten käytössä olevien etäluettavien mittareiden tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu 15 vuotta, joka tällöin alkaa olemaan täyttynyt. [5.;6.]

4.2.4 Tulevaisuus: Clebox ja Anvia Kotitonttu?

Sähkö- tai öljylämmitteisiin asuin- tai lomakiinteistöihin tarkoitettuja sähköpörssin tuntihinnan perusteella kuormia ohjaavia ohjausjärjestelmiä on jo Suomen markkinoilla. Ohjausjärjestelmät ovat toisin sanoen valmiita kokonaisia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä, joiden pääkäyttötarkoituksena on vähentää automaattisesti kiinteistön energiankulutusta. Ohjattavia kuormia ovat pääasiassa lämmityskuormat, joiden kulutusta rajoitetaan kalliin sähkönsiirtotuotteen hintaan aikaan. Oletuksena on, että kiinteistössä on käytössä sähkönsiirtotuotteen

kön tuntiinintaan perustuva tariffi. Tällaisia tuotteita markkinoivat muun muassa Cle-works Oy (Clebox) ja Anvia Oy (Kotitonttu).

Mainittu ohjausjärjestelmä on mahdollista hankkia uuteen tai vanhaan kiinteistöön käyttövalmiiksi asennettuna. Ohjausjärjestelmään kuuluu pääkeskukseen liitettävä, internettiin kytketty keskusyksikkö ja kiinteistön tilojen lämpötiloja mittaavia lämpötilaantureita. Keskusyksikkö seuraa ja ohjaa haluttuja kuormia Nord Pool -sähkön pörssihinnan, ulkoilman lämpötilan ja kiinteistön tilojen lämpötilojen perusteella. Ulkoilman lämpötilatiedon keskusyksikkö vastaanottaa internetistä, Ilmatieteen laitoksen sivuilta keskusyksikön sijainnin GPS-koordinaattejen perusteella. Systeemin toimintaa voi seurata ja etäohjata esimerkiksi tietokoneella, älypuhelimella tai tabletilla. [7.;8.]

Mainittu järjestelmä on jo tällä hetkellä asuinkiinteistöissä varsin toimiva ja kuluttajan on mahdollista saavuttaa sillä taloudellista hyötyä. Kehitettävää järjestelmässä silti vielä on. Esimerkiksi tällä hetkellä kyseiset järjestelmät on tarkoitettu pääasiassa vain lämmityskuormien ohjaamiseen. Myös kiinteistön tiloihin asennettavat lämpötila-anturit ovat kaapeloituja keskusyksiköltä, joiden toteutus esimerkiksi vanhaan kiinteistöön tuo omia haasteita. Mainitut esimerkkiheikkoudet ovat silti mielestäni ratkaistavissa helposti järjestelmän kehittyessä, kuten esimerkiksi käytetyt anturit pystyisivät viimeistään lähitu-levaisuudessa olemaan langattomia ja riittävän luotettavia.

Kyseiset tuotteet on suunniteltu asuinkiinteistöihin, enkä usko, että ne tulevat syrjäyttämään suurempien kiinteistöjen, kuten toimisto- ja teollisuuskiinteistöjen nykyisiä rakennusautomaatiojärjestelmiä. Mitä kuitenkin uskon, on se, että luvussa mainittujen tuotteiden keskusyksikön kaltainen tuote voi hyvinkin tulla olemaan osana suurempien kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmää, pääasiassa reaaliaikaisen hintatiedon tuomisessa automaatiojärjestelmään.

4.2.5 Taajuusmittaus

Tässä insinööriyössä on keskitytty tarkastelemaan sähköenergian kysynnän joustoa pääasiassa sähkön hintatietoon perustuvien ja liittyvien menetelmien perusteella, sillä uskon sen olevan ratkaiseva avaintekijä kysynnän joustoa hyödynnettäessä kiinteistöissä. Aihe kuitenkin kasvattaa suosiotaan ja herättää ihmisten mielenkiintoa, minkä yhtenä seurauksena aiheen ympärille on ruvettu keksimään erilaisia ohjausratkaisuja tai –järjestelmiä. Yksi niistä on taajuusmittauksen avulla toteutettu ohjausjärjestelmä.

Kyseisen ohjausjärjestelmän toiminta perustuu kuormanohjaukseen silloin, kun sähköverkon taajuudessa tapahtuu muutoksia. Ohjausjärjestelmään kuuluisi kiinteistöön asennettavan taajuusmittauksen lisäksi joko PLC-logiikka tai kiinteistön olemassa oleva rakennusautomaatiojärjestelmä. Taajuusmittaus voitaisiin kiinteistössä asentaa mihin pisteeseen tahansa ja se olisi mahdollista yhdistää PLC-logiikkaan tai automaatiojärjestelmään esimerkiksi Modbus-liitännän kautta. Työn luvussa 6 *Reservit (Fingrid)* todetaan, että Suomen sähköverkon taajuuden sallittu vaihteluväli on 49.9–50.1 Hz, jonka perusteella tämän ohjausjärjestelmän kuormienohjaus tulisi tapahtumaan. [9.]

Näen kuitenkin mahdollisena, että kyseisen ohjausjärjestelmän taajuutta mittaava sähkönlaatumittari voisi mahdollisesti olla pian korvattavissa seuraavan sukupolven etäluettavalla sähkömittarilla, joka saattaisi vielä jonain päivänä mahdollistaa sähköenergian kysynnän joustoa edistävän kiinteistön kuormienohjauksen jopa useamman eri muuttujan perusteella, esimerkiksi sähkön hintatiedon ja taajuuden muutosten perusteella.

4.3 Potentiaalisia ohjattavia kuormia

4.3.1 Valaistus

Valaistukset ovat merkittävä osa toimisto- ja teollisuuskiinteistöjen sähkönkulusta, mikä voi tarkoittaa myös huomattavaa energiansäästöpotentiaalia, mikäli kiinteistön valaistusjärjestelmä on esimerkiksi vanha, ilman ohjausjärjestelmää tai automaatiota.

Vanhoissa toimisto- ja teollisuuskiinteistöissä voivat valaisimet olla usein ikääntyneitä, ohjattavuudeltaan puutteellisia ja energiatehokkuudeltaan huonoja. Näiden syiden lisäksi valaisimien huoltoa saatetaan laiminlyödä. Elinkaarensa lopussa olevan loisteputken valon määrän eli valovirran tuotto on heikentynyt jo kymmeniä prosentteja vaikka se kuluttaa sähköä saman verran kuin uusi vastaava loisteputki.

Olemassa olevan kiinteistön valaistusjärjestelmän energiatehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi hankkimalla energiatehokkaammat valaisimet ja rajoittamalla valaistuksen käyttöaikaa. Keinoja valaistuksen käyttöajan rajoittamiseen käyttöopastuksen lisäksi, on muun muassa valaistuksen ryhmittelyn parantaminen, sekä valaistuksen ohjaus hämäräkytkimen ja aikaohjauksen avulla. [10.]

Teollisuuskiinteistöissä ja tapauskohtaisesti toimistokiinteistöissä usein kuitenkin tehokkain tapa vähentää valaistusjärjestelmän sähkönkulutusta on suunnitella kohteeseen kokonaan uusi valaistuksenohjausjärjestelmä uusien valaisimien kanssa. Toimintatapaa on suositeltavaa käyttää myös uusissa rakennuskohteissa. [10.]

Ennen uuden valaistusjärjestelmän hankintaa tai vanhan päivittämistä kannattaa kuitenkin selvittää, minkälaisiksi muodostuisivat hankinnan elinkaarikustannukset. Valaistusjärjestelmän elinkaarikustannukset koostuvat hankintahinnoista, elinkaaren energiakustannuksista sekä lamppujen, vara-osien ja huoltotöiden kustannuksista. [10.]

4.3.2 Ilmanvaihto ja jäähdytys

Valtaosa toimisto- ja teollisuuskiinteistöiden ilmanvaihdosta on toteutettu käyttäen koneellista ilmanvaihtoa. Käytännössä se voi tarkoittaa joko yhdistettyä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa tai pelkkää poistoilmanvaihtoa. Jos kiinteistöön tulevaa tuloilmaa jäähdytetään tai kostutetaan, puhutaan ilmastoinnista. [10.]

Kiinteistöiden ilmanvaihdossa sähköä kulutetaan ilmaa liikuttavissa puhallinmoottoreissa, lämmöntalteenottoratkaisuissa sekä joskus myös sähkösuodattimissa, jälkilämmityspattereissa ja välillisesti muun muassa tuloilman koneellisessa jäähdytyksessä. Ilmanvaihtoprosessin lämmön- ja sähkönkulutusta voidaan selvästi vähentää tehokkaalla lämmöntalteenotolla. [10.]

Vielä 1990-luvulla rakennetuissa kiinteistöissä ilmanvaihdon moottorikäytöt olivat suoria käyttäjiä. Tällaisten kohteiden energiatehokkuutta parannettaessa yleisimpiä toimenpiteitä ovat lämmöntalteenoton asentaminen, säätöautomaatiikan uusiminen ja pyörimisnopeussäädön (taajuusmuuttaja) lisääminen. Taajuusmuuttaja mahdollistaa puhallinmoottoreiden portaattoman säädön.

Uudemmissa kohteissa, joissa ilmanvaihtolaitteiden puhallinmoottoreita ohjataan taajuusmuuttajakäyttöillä, on ilmastoinnin ohjaaminen helppoa. Nykyaikaisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän avulla voidaan ilmanvaihto toteuttaa jopa täysin ohjelmallisesti.

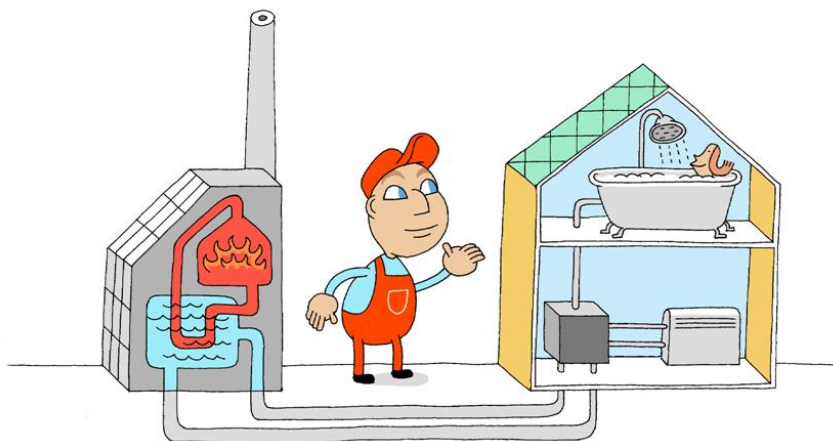
4.3.3 Lämmitykset

Kiinteistöjä voi lämmittää monella eri lämmitysmenetelmällä. Mahdollisia lämmitysmenetelmiä ovat muun muassa kaukolämmitys, lämpöpumput, sähkölämmitys ja lämmityskattila. Pääsääntöisesti nykypäivänä yleisimmin käytössä oleva lämmitysmenetelmä toimisto- ja teollisuuskiinteistöissä on kuitenkin kaukolämmitys, jonka tukena voi olla esimerkiksi muutamia sähkölämmittimiä.

Kaukolämmitys

Kaukolämmitys eli kaukolämpö on lämmitysmuodoista suosituin Suomessa. Sitä käytetään lähes jokaisen kiinteistötyypin lämmittämiseen alueesta riippumatta niin taajamissa kuin kaupungeissa. Tarkemmin määriteltynä kaukolämpöä käytetään lämmitysmuotona Suomessa valtaosaan julkisista ja liikekiinteistöistä, noin puoliin rivitaloista ja noin 95 % kerrostaloista. [11.]

Kuluttajalle tuotu lämpö toimitetaan lämpökeskuksista ja lämmitysvoimalaitoksista kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Tällöin kuluttajan kiinteistöä tavallisesti lämmittävät lämminvesiverkostoon liitetyt lämpöpatterit ja mahdolliset ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterit. Kaukolämmityksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2. [12.]



Kuva 2. Kaukolämmityksen toimintaperiaate. Putkistossa kiertää kuumavesi lämpövoimalaitokselta kuluttajalle. [12.]

Lämpö ei siirry itsestään, vaan se tarvitsee lämmönsiirtoon pumppausjärjestelmän. Pumppausjärjestelmän suunnittelussa energiansäästämisen kannalta huomioitavia tärkeitä perusasioita ovat pumpun valinta ja putkiston mitoitus, joista sähkösuunnitteluun kuuluu sopivan pumpun valinta. [10.]

Pumpun valinnassa on tärkeää huomioida, että järjestelmän käyttökustannukset koostuvat jopa yli 90-prosenttisesti pumpun elinkaarikustannuksista, joten hyvän hyötysuhteen omaavan pumpun valinta on useimmissa tapauksissa tärkeää. Pumpun valinnan merkitys pienenee silloin, jos järjestelmän putkistot ja säätölaitteet eivät ole energiatehokkaita. [10.]

Pumpun ohjausmenetelmistä energiatehokkain on sen ohjaaminen taajuusmuuttajan avulla. Se mahdollistaa pumpun pyörimisnopeuden säädön portaattomasti pumppua syöttävän sähkönsäätötaajuutta säätämällä, mikä mahdollistaa tarkan, riittävän ja energiatehokkaan säädön. [10.]

4.3.4 Varavoima

Varavoimasta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä varavoimakonetta. Varavoimakone on sähkönlähde, joka toimii ulkoisella mekaanisella voimanlähteellä. Kiinteistöissä käytetyissä varavoimakoneissa voimanlähteenä useasti toimii dieselmoottori. [13.]

Varavoimakoneen pääkäyttötarkoitus kiinteistöissä on varmistaa sähkönsaantavuus prosessiin tai muille tärkeimmille laitteille normaalin sähkönsyötön katketessa. Pääle ohjaus tapahtuu häiriötilanteissa automaattisesti automatiikkayksikön avulla. Käyttö edellyttää, että varavoimakone on kytkettynä kiinteistön sähkönsyötön rinnalle. Syitä sähkönsyötön katkeamiseen voi olla esimerkiksi vika sähkönsyötönsyöttöverkossa tai tuotantolaitoksen irtoaminen verkosta. Muita käyttötarkoituksia voi olla esimerkiksi koneikon käyttö silloin, kun sen käyttökustannukset ovat halvemmat kuin kiinteistön ostosähkönsyötön hinta. Koneikkoa täytyy myös koekäyttää kerran kuukaudessa noin tunnin ajan toiminnan ylläpitötoimenpiteenä, mikäli koneikko on muuten ollut käyttämättömänä. [14.]

Varavoimakoneikkoa on suuremmissa kohteissa myös mahdollista hyödyntää säätöreservinä Fingridille. Aihe on käsitelty työssä myöhemmin luvussa 6 *Reservit (Fingrid)*.

5 Sähköenergian hankinta

Sähköenergiaa voi Suomessa hankkia usean erilaisen hankintasopimuksen avulla. Tässä luvussa käydään lävitse yleisimpiä sähköenergian hankinnan keinoja ja tariffisopimuksia.

5.1 Tariffit

Sähkøyhtiöt laskuttavat sähkön kuluttajia erilaisten tariffien eli hinnoittelujärjestelmien mukaan. Tariffeihin sisällytetään yleensä kiinteä perusmaksu (euroa kuukaudessa tai vuodessa), kulutusmaksuja (snt/kWh tai €/MWh) sekä tehomaksuja. Eri sähkøyhtiöiden tariffeissa voi osatekijöiden välinen painotus vaihdella tai puuttua. [15.]

Sähkönkuluttajan tariffien ohjauksesta vastaa kuluttajan käyttämä sähkøyhtiö, lähettämällä ohjaustiedon etänä kuluttajan kiinteistön AMR-sähkömittarille ja järjestelmiin. [15.]

5.1.1 Yleistariffi

Yleissähkö eli yleistariffi soveltuu kiinteistöille, jotka käyttävät sähköä vain vähän vuoden aikana (käytännössä alle 10 000 kWh). Yleistariffin hinta koostuu kiinteästä perusmaksusta (euroa kuukaudessa) ja kulutusmaksusta (senttiä kilowattitunnilta). Kulutusmaksun suuruus on vakio kaikkina vuorokauden ajankohtina. [15.]

5.1.2 Aikatariffi

Aikatariffeista yleisimmät ovat kausisähkö ja aikasähkö. Sähkönkulutuksen hinta koostuu kiinteästä perusmaksusta (euroa kuukaudessa) ja kahdesta kulutusmaksusta (senttiä kilowattitunnilta) käyttöajankohdan mukaan. Kulutusmaksujen hinnoittelu jakautuu yleensä joko päivä/yö- (aikasähkö tai yösähkö) tai talvipäivä/muu aika (kausisähkö) – jaotteluun. Aikajako, jolloin hinnanmuutos tapahtuu, riippuu kuluttajan käyttämästä sähköverkkoyhtiöstä. [15.]

Esimerkki 1.

Aikasähkö

Päiväsähkön hinta voimassa ma–su kello 7–22 välisenä aikana. [15.]

Yösähkön hinta voimassa ma–su kello 22–7 välisenä aikana. [15.]

Kausisähkö

Talvipäivän sähkön hinta voimassa 1.11–31.3 ma–su 7–22. [15.]

Muun ajan sähkön hinta voimassa 1.11–31.3 ma–su 22–7, sekä 1.4–31.10 ma–su 0–24. [15.]

5.1.3 Tehotariffi

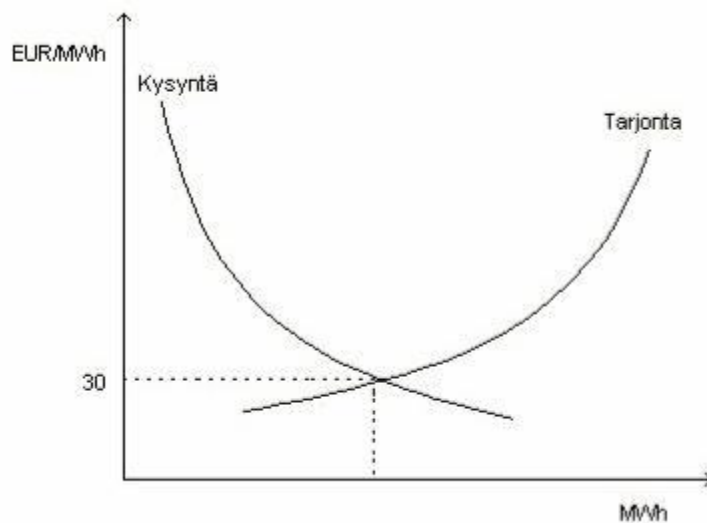
Tehotariffi soveltuu paljon sähköä kuluttaville kiinteistöille. Tällaisia kiinteistöjä ovat muun muassa suuret teollisuus-, toimisto- ja kerrostalokiinteistöt. Tehotariffin hinta koostuu kiinteästä perusmaksusta (euroa kuukaudessa), tehomaksuista (€/kW/kk) ja kulutusmaksuista (senttiä kilowattitunnilta). [15.]

5.2 Tukkusähkömarkkinat

Tukkusähkömarkkinoilla tarkoitetaan kaupankäyntiä sähköpörssissä, joka tapahtuu pääasiassa suurien toimijoiden kesken. Kauppaa voidaan käydä Pohjoismaissa vain yhdessä paikassa, Nord Pool -sähköpörssissä. Kauppaa käydään spot-markkinoilla fyysiseen sähkön toimitukseen johtavilla tuotteilla tai johdannaismarkkinoilla finanssi-tuotteilla, mutta tässä luvussa keskitytään vain spot-markkinoiden tuotteisiin. Spot-markkinoilla tarkoitetaan kaupankäyntiä Elspot- ja Elbas-markkinoilla, jotka perustuu kaupankäyntiin seuraavan vuorokauden sähkötoimituksesta. [16.]

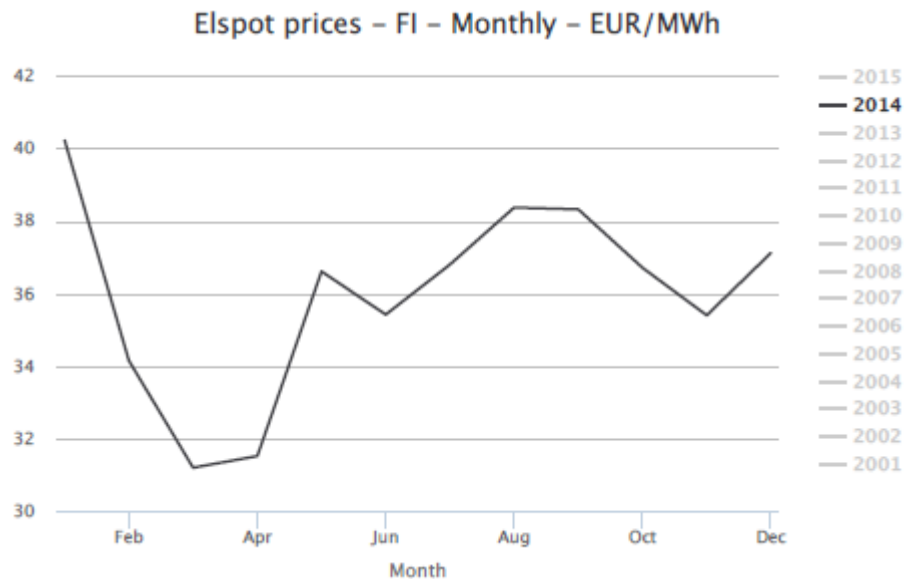
5.2.1 Elspot-markkinat

Elspot-markkinoita voidaan pitää sähköpörssin perustana. Siellä kauppaa käyvät osapuolet tekevät myynti- ja ostotarjouksia suljettuna tarjousmenettelynä kerran päivässä. Tulevan vuorokauden hinnat julkaistaan käyttötuntia edeltävänä päivänä noin klo 15 Suomen aikaa. Tarjoukset tehdään tietämättä muiden markkinaosapuolien tarjouksista, mikä tässä yhteydessä tarkoittaa suljettua tarjousmenettelyä. Tarjousten perusteella syntyy sähkön systeemihinta eli markkinahinta, jonka muodostumista on havainnollistettu kuvassa 3. [16.]



Kuva 3. Markkinahinta luetaan pystyakselilta kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteestä. [16.]

Sähkön kysynnän kasvaessa joudutaan sähkön tuotantoa kasvattamaan ja mahdollisesti käyttöönottamaan kalliimpia tuotantotapoja, jotka nostavat kuluttajan sähköstä maksamaa hintaa. Kysynnän kasvun syy voi olla muun muassa kylmä vuodenaika, jolloin lämmityksen tarve kasvaa, mikä tarkoittaa myös sähkön kysynnän kasvua. Kuvassa 4 on esitetty sähkön hinnan keskimääräistä kuukausittaista vaihtelevuutta Suomessa vuonna 2014.



Kuva 4. Sähköenergian kysynnän kasvu on yksi pääsyyistä, joka nostaa sähkön markkinahintaa. Elspot-markkinan toteutunut sähkön keskihinta kuukausittain vuonna 2014. [17.]

5.2.2 Elbas-markkinat

Mikäli Elspot-markkinoilla on käyttämättä jäänyttä kapasiteettia tarjolla, tarjotaan se Elbas-markkinoille. Elbas-markkinoita voidaan siis kutsua jälkimarkkinapaikaksi Elspot-markkinoille. Elbas-markkinoilla kaupankäyntiä voi käydä jatkuvasti vuoden lähes jokaisena päivänä, jopa vielä tuntia ennen käyttötuntia. [16.]

6 Reservit (Fingrid)

Sähkönkulutus vaihtelee jatkuvasti maasta tai alueesta riippumatta. Esimerkiksi Suomen kokonaissähkönkulutus on sähköverkkoon kytkettyjen kuormien summa, joka vaihtelee niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä. Kulutuksen vaihtelu vaikuttaa koko Suomen sähköverkon taajuuteen ja sitä kautta sähkön laatuun. Taajuus Suomen sähköverkossa on 50 Hz, jonka sallittu vaihteluväli on 49.9–50.1 Hz. Jos kulutus kasvaa, taajuus laskee, ja jos sähköstä on ylituotantoa, taajuus nousee. [18.]

Suomessa taajuudesta vastaa järjestelmävastaavana Fingrid Oyj, jonka tehtävänä on huolehtia tuotannon ja kulutuksen tasapainosta jokaisen tunnin aikana. Fingrid Oyj pitää Suomen tehotasapainoa yllä muun muassa erilaisten säätösähkömarkkinasopimusten ja varaamiensa reservien avulla. Tehotasapainon ylläpitoon yleisesti käytetyt re-

servit ovat vapaata säätökykyistä pätötehopasiteettia esimerkiksi tuotanto- tai teollisuuslaitoksilta. [19.]

Mikäli esimerkiksi teollisuuslaitos haluaa tarjota kapasiteettiaan Fingridin säätösähkömarkkinoille, on teollisuuslaitoksen ilmoitettava tätä varten säädettäväksi tarjottava kapasiteettinsa (MW) ja sen hinta (€/MWh). Minimikuorma, jolla säätösähkömarkkinoille voi osallistua, on 10 MW. Kuvassa 5 on havainnollistettu säätösähkösopimuksien toimintaperiaatetta. [20.]



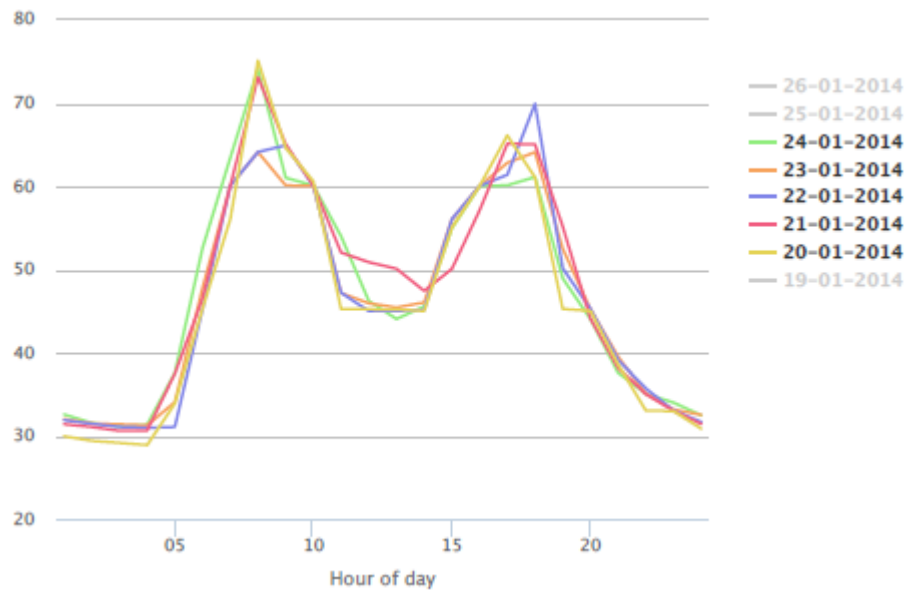
Kuva 5. Säätomarkkinasopimuksia tehdään tuotannon ja kulutuksen ylös- ja alasääädöstä. [19.]

Suomessa Fingridin reservien lisäksi on myös käytössä niin kutsuttu tehoreservijärjestelmä, jolla turvataan sähkön toimitusvarmuus. Sen käyttöä tarvitaan silloin kun suunniteltu sähkön hankinta ei yksinään riitä. Tehoreservinä Suomessa toimivat siihen pelkästään varatut tehoreservivoimalaitokset ja sähkön kulutuksen joustoon pystyvät kohteet. [18.]

7 Esimerkilaskelmia kannattavuudesta

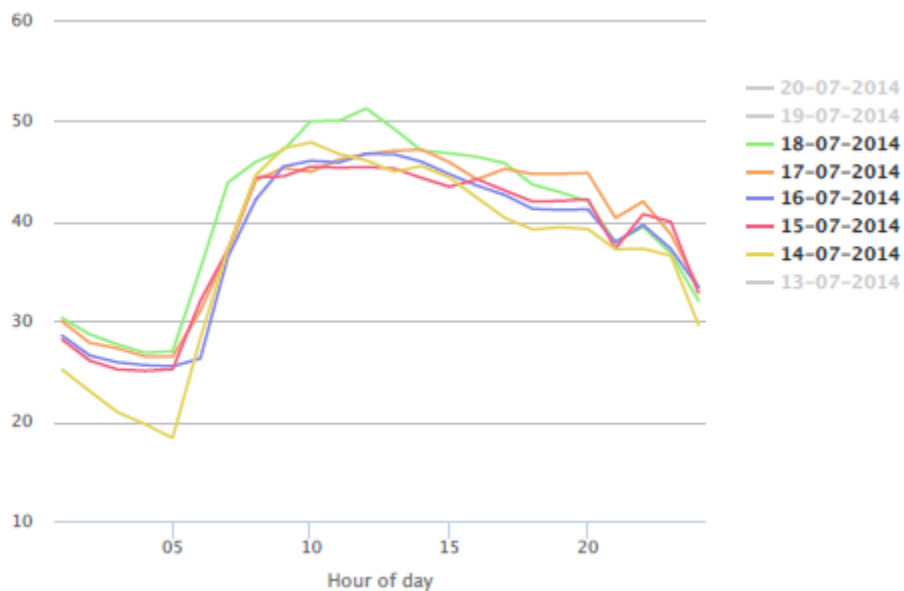
Luvun laskelmissa on tavoitteena löytää ja havainnollistaa mahdollisia taloudellisesti kannattavia käyttöajankohtia ohjauksille erilaisissa esimerkkitalanteissa. Laskelmista saatuja tuloksia verrataan seuraavien esimerkkiajankohtien (kuvat 6 ja 7) sähkön hintatietoihin, joiden perusteella lasketaan ja todetaan mahdollisia hyötyjä ja kannattavuuksia.

Esimerkkiajankohta A. Talvi



Kuva 6. Esimerkkiajankohta A. Tyypillisen pakkasarkipäivän sähkön tuntikohtainen hinta (€/MWh) talvella 2014. [17.]

Esimerkkiajankohta B. Kesä



Kuva 7. Esimerkkiajankohta B. Tyypillisen arkipäivän sähkön tuntikohtainen hinta (€/MWh) kesällä 2014. [17.]

7.1 Varavoimakoneen käyttö

Esimerkissä tarkastellaan 200 kVA:n diesel-varavoimakoneikon käytön kannattavuutta kalliin sähkön hinnan aikaan kohteessa, jossa on käytössä sähkön tuntihintaan perustuva tariffi.

Esimerkkikäytössä syntyvät kustannukset koostuvat pääasiassa koneikon käyttökustannuksista eli suurimmaksi osaksi polttoainekustannuksista. Taulukossa 1 on esitetty esimerkissä käytettävän varavoimakoneikon polttoaineenkulutus, minkä tarkemmat tekniset tiedot löytyvät työn liitteestä 1. Muita koneikon käytöstä syntyneitä kustannuksia on arvioitu kustannuskertoimella K_k .

Taulukko 1. Esimerkissä käytettävän GEKO 20003 ED-S/DEDA 200 kVA:n varavoimakoneikon polttoaineen kulutustiedot. [21.]

Polttoainesäiliön tilavuus	l	255
Kulutus 75 % kuormalla	l/h	36,3
Kulutus 100 % kuormalla	l/h	49,2

Polttoaineena käytetään polttoöljyä, jonka hinta on 0,80 €/l. Kustannuskertoimena K_k käytetään arvoa 1,15.

Tulokset

Taulukko 2. Varavoimakoneikon käyttökustannukset.

Kuorma	Polttoaine-kustannukset [€/MWh]	Kokonais-kustannukset [€/MWh]	Polttoaineen riittävyys ajalle [h]
75 %	145,2	166,98	7,025
100 %	196,8	226,32	5,183

Taulukon 2 tuloksia vertaamalla esimerkkiajankohtiin A ja B voidaan todeta, että varavoimakoneikon käyttö sähköenergian hankintalähteenä ostosähkön sijaan tyypillisenä arkipäivänä olisi kalliimmillaankin olevan sähkön hinnan ajanhetkellä silti vähintään

kaksinkertaisesti kalliimpaa, olettaen että koneikkoa käytetään vähintään 75 %:n kuormituksella.

Luvussa 4.3.4 kuitenkin todettiin, että käyttämätöntä varavoimakoneikkoa tulisi koekäyttää kerran kuukaudessa noin tunnin ajan. Ajoittamalla koekäytön ajankohdan kalliin sähkön hinnan aikaan, esimerkiksi talvella arkiaamuun kello 8:n ja 9:n välille, olisi koekäyttö mahdollista suorittaa taloudellisesti kannattavammin kuin esimerkiksi samana päivänä kello 12:n ja 13:n välillä (esimerkkiajankohta A). Laskennallinen taloudellinen hyöty kyseisessä tapauksessa käyttäen samaa 200 kVA:n koneikkoa olisi noin 4 euroa, mutta prosentuaalinen säästö energian hinnassa on jopa 30 %. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi vastaavaa suurta 2,75 MVA:n koneikkoa koekäyttäessä vastaava ajankohdan valitsemalla saavutettu säästö olisi jo 55 euroa, mikäli koekäytöllä tuotettu sähköenergia syötetään kohteena olevan kiinteistön sähköjakeluun.

Suurilla, kokonaisteholtaan yli 10 MVA:n varavoimakoneikoilla olisi mahdollista satunnaisesti hyötyä taloudellisesti Fingridin kanssa solmituista, luvussa 8 läpikäydyistä säästösähkö sopimuksista. Tällaisissa tilanteissa Fingrid voisi maksaa ylössäädestä jopa 1000-2000 €/MWh [22.]. Tällöin varavoimakoneikkojen käynnistäminen olisi kannattavaa.

7.2 Valaistuksen säätö

Esimerkissä tarkastellaan valaistuksien himmentämisellä saavutettuja taloudellisia hyötyjä. Esimerkkikohteena on kuvitteellinen toimistokiinteistö, jonka yleisien tilojen valaistuksia himmennettäisiin. Valaisintyyppinä toimii loisteputkivalaisin. Kiinteistössä on käytössä sähkön tuntihintaan perustuva tariffi.

Laskelmissa käytetään valaisimena himmennettävää 2 x 36 W:n loisteputkivalaisinta, jonka kokonaisvalovirran tuotto on 6700 lm. Oletetaan, että himmennysprosentti laskee lineaarisesti tehon pudotessa. Valaisimia olisi käytössä himmennettävissä tiloissa 250 kpl eli 500 loisteputkea. Tarkastelujaksoja on kaksi. Ensimmäinen on toimiston aukioloaika kello 7–17, jonka ajalle arvioitu ajanjakson vuoden keskimääräinen sähkön hinta 52,5 €/MWh. Toinen on reaaliaikaiseen hintatietoon perustuva ohjauskäsky, joka himmentäisi valaistusta kahdeksi tunniksi kalliin sähkön hinnan aikaan, jonka laskentavona käytetään sähkön hintaa 65 €/MWh. Sähkön hinnat on arvioitu esimerkkiajan-

kohtien A ja B hintatietojen perusteella. Oletetaan myös, että tarkastelu ajanjaksoina valaisimista keskimäärin 70 % on käytössä eli 350 loisteputkea.

Tulokset

Taulukossa 3 on esitetty ensimmäisen tarkastelujakson tulokset ja taulukossa 4 toisen tarkastelujakson.

Taulukko 3. Valaistuksen himmentämisellä saavutetut taloudelliset hyödyt. Työpäivien lukumäärä vuodessa 210 ja niiden pituus arkisin kello 7–17.

Sähkön hinta
52,5 €/MWh

Loisteputkien lukumäärä [kpl]	Himmennyksellä (10 %) saavutettu säästö vuodessa [€/v]	Himmennyksellä (20 %) saavutettu säästö vuodessa [€/v]	Himmennyksellä (30 %) saavutettu säästö vuodessa [€/v]	Himmennyksellä (50 %) saavutettu säästö vuodessa [€/v]
2	0,79	1,59	2,38	3,97
500	396,90	793,80	1190,70	1984,50
350	277,83	555,66	833,49	1389,15

Taulukko 4. Valaistuksen himmentämisellä saavutetut taloudelliset hyödyt, kun valaistusta himmennetään kahdeksi tunniksi sähkön hinnan ollessa 65 €/MWh.

Sähkön hinta 65 €/MWh

Loisteputkien lukumäärä [kpl]	Himmennyksellä (10 %) saavutettu säästö kahdessa tunnissa [€/2 h]	Himmennyksellä (20 %) saavutettu säästö kahdessa tunnissa [€/2 h]	Himmennyksellä (30 %) saavutettu säästö kahdessa tunnissa [€/2 h]	Himmennyksellä (50 %) saavutettu säästö kahdessa tunnissa [€/2 h]
2	0,0009	0,0019	0,0028	0,0047
500	0,47	0,94	1,40	2,34
350	0,33	0,66	0,98	1,64

8 Case-esimerkit

Luvussa tarkastellaan ja verrataan kahden eri kiinteistön toimistotilojen energiankulutusta eri näkökulmista. Luvussa tavoitteena on myös havainnollistaa toimiston yleisen energiankulutuksen suuruusluokkaa suhteutettuna esimerkiksi yhteen valaisimeen tai työpisteeseen.

Kohteiden tarkastelupinta-alojen suuruudet koostuvat ainoastaan toimiston työskentelypinta-aloista eli muun muassa avotoimistotiloista, neuvotteluhuoneista, taukotiloista ja toimistolle välttämättömistä tiloista, kuten tulostus- ja varastotiloista. Pinta-alojen suuruuksista pois jätettyjä ovat muun muassa hissikuilut, porraskäytävät ja ruokala. Lopputuloksena saavutettiin samankaltaiset ja vertailukelpoiset pinta-alat kummastakin kohteesta. Pinta-alat arvioitiin kohteiden arkkitehtipiirustuksien perusteella.

Tarkastelua tehdessä kuitenkin huomattiin, että ABB Oy:n E-toimiston valvontalakeskuksen energiankulutustiedoista luetut tehojen hetkellisarvot olivat virheellisiä, minkä takia energiankulutustiedoiksi saatiin todettua laskennallisesti vain hetkellinen näennäisteho. Granlund Oy:n energiankulutustiedoista saatiin selville vain tunnin aikana kulutettu energia (pätötehoa). Näiden syiden seurauksena tehdyt tarkastelut ja vertailu jäi odotettua suppeammaksi, eivätkä saadut energiankulutustiedot ole täysin keskenään verrattavissa. Lisätietoja työn luvussa *8.3.3 Tulokset ja vertailu*.

8.1 Granlund Oy Helsinki

Granlund Oy on vuonna 1960 perustettu suunnittelu- ja konsultointikonserni, jolla on 15 toimistoa ympäri Suomea. Tässä luvussa tarkastellaan kuitenkin vain Granlundin Helsingissä sijaitsevaa pääkonttoria ja sen toimistokerroksia. Kuvassa 8 havainnollistetaan erään luvussa tarkastelun kohteena olevan toimistokerroksen tiloja.



Kuva 8. Granlund Oy Helsingin mallinnettu 3. kerros

Helsingin toimistorakennus on valmistunut vuonna 1991 ja osa siitä on saneerattu vuosina 2013–2015. Saneerauksessa tapahtuneita muutoksia olivat muun muassa kiinteistön toimistokerroksien muutos suurelta osalta avotoimistotiloiksi ja samalla rakennuksen talotekniikan uudistamista. Toteutunut saneeraus lisäsi muun muassa yleistä viihtyvyyttä ja mahdollisti noin 30 %:n lisäyksen kiinteistön työpisteiden lukumäärään. Kuvassa 9 on esitetty kiinteistölle tyypillisen uuden avotoimistotilan tyyliä.



Kuva 9. Granlund Oyn pääkonttorin saneerauksesta valmistunutta avotoimistotilaa. (Henri Thoman-der)

Kiinteistössä on nyt kolme avotoimistokerrosta, joiden pinta-alat ovat

- 1. krs 2 000 m²
- 2. krs 1 800 m²
- 3. krs 1 800 m²
- yhteensä 5 600 m².

Kiinteistössä tähän lukuun liittyvää sähköenergiankulutusta mitataan pääasiassa jokaisesta kerroksesta kuudella mittarilla. Mittarointialueet on jokaisessa tarkastelukerroksessa jaettu pääasiassa kolmeen alueryhmään, joista jokaisesta mitataan valaistuksen ja koko alueryhmän kuluttamaa sähköenergiaa erikseen.

Tarkasteluissa käytetyt energiankulutustiedot ovat yhden tunnin aikaiset, ja ne on luettu pääkonttorin 1–3 kerrosten sähkömittareista tiistaina 17.11.2015 kello 12–13.

8.2 ABB Oy Helsinki

Suomessa ABB Oy on johtava automaatioteknologia- ja sähkövoimayhtymä, jolla on toimipisteitä noin 21 paikkakunnalla. Tässä luvussa tarkastellaan kuitenkin vain Helsingissä Pitäjänmäellä sijaitsevaa E-toimistoa.

Kiinteistössä tarkastelun kohteena ovat E-toimiston toimistotilat 3. ja 4. kerroksessa, jotka ovat olleet saneerauksen kohteena vuosina 2013–2015. Saneerauksen tavoitteena oli lisätä työtilaa ja parantaa yleistä viihtyvyyttä. Tilat ovat keskenään samankaltaiset ja kokoiset, noin 2 800 m² eli yhteensä noin 5 600 m². Kuvassa 10 on esitetty saneerattujen kerroksien tyypillisen uuden avotoimistotilan tyyliä.



Kuva 10. E-toimiston saneerauksesta valmistunutta avotoimistotilaa. (Sami Heiskanen)

Kiinteistössä tähän lukuun liittyvää sähköenergiankulutusta mitataan kummastakin kerroksesta pääasiassa kahdella mittarilla. Kulutusmittareita on siis tarkastelukohteessa neljä, joilla kummastakin kerroksesta mitataan valaistuksen ja pistorasioiden kuluttamaa sähköenergiaa erikseen.

Tarkasteluissa käytetyt energiankulutustiedot ovat hetkellisiä, ja ne on luettu E-toimiston 3. ja 4. kerrosten sähkömittarien valvonta-alakeskukseen lähettämistä tiedoista etänä tiistaina 17.11.2015 noin kello 12.40.

Energiamittareita luettaessa kuitenkin huomattiin, että valvonta-alakeskuksen tiedoista luetut energiamittareiden tehojen hetkellisarvot olivat virheellisiä, joten energiankulutustiedot piti todeta laskennallisesti, laskemalla mittareiden hetkellisten virran- ja jännitteenkulutustietojen perusteella hetkelliset näennäistehoarvot.

8.3 Tarkastelu

8.3.1 Valaistukset

Luvussa tarkastellaan kohteiden toimistopinta-alojen valaistuksien energiankulutusta. Pinta-aloilla sijaitsevien valaisimien lukumäärät on arvioitu valaisinluetteloiden ja viimeimpien tasopiirustusten avulla. Tarkastelualueella sijaitsevia, mutta tarkastelusta

pois jätettyjä valaisimia ovat muun muassa merkki- ja turvavalaisimet. Tarkastelun tulokset on esitetty luvun taulukoissa 5 ja 6.

Granlund Oy

Taulukko 5. Granlund Oy, kerrosten valaistustarkastelu.

Granlund Oy Helsinki				
Kerros	Valaisimien lukumäärä [kpl]	Valaistuksen energiankulutus klo 12-13 [Wh]	Energiankulutus yhtä valaisinta kohden klo 12-13 [Wh]	Valaistuksen energiankulutus neliötä kohden klo 12-13 [Wh]
1	712	13908	19,53	6,95
2	686	11867	17,30	6,59
3	599	10312	17,22	5,73
Yhteensä	1997	36087	18,02	6,44

ABB Oy, E-toimisto 3. & 4. kerros

Taulukko 6. ABB Oy E-toimisto, kerrosten valaistustarkastelu.

ABB Oy Helsinki, E-toimisto				
Kerros	Valaisimien lukumäärä [kpl]	Hetkellinen valaistuksen näennäistehonkulutus [VA]	Hetkellinen näennäistehonkulutus yhtä valaisinta kohden [VA]	Valaistuksen hetkellinen näennäistehonkulutus neliötä kohden [VA]
3	901	38481	42,71	13,74
4	879	18170	20,67	6,49
Yhteensä	1780	56651	31,69	10,12

8.3.2 Työpisteet

Luvussa tarkastellaan kohteiden toimistopinta-alojen työpisteiden energiankulutusta. Tarkastelussa käytetyt energiankulutustiedot ovat tarkastelualueiden pistorasioiden

kulutustietoja, jotka pääasiassa koostuvat työpisteillä kulutetusta sähköenergiasta, mutta eivät täysin. Mittaukseen lukeutuvia, mutta tarkastelusta arvioimalla pois jätettyjä kulutuskohteita ovat muun muassa toimiston pienet keittiötilat, neuvotteluhuoneet sekä työntekijöiden omat laitteet. Tästä syystä tarkastelussa käytetään energiankulutuksen korjauskerrointa, joka vähentää tarkastelussa käytettyjen energiankulutustietojen arvoa 6 %. Työpisteiden lukumäärät on arvioitu muun muassa sähköpiirustuksien avulla.

Kohteiden tarkasteltavat työpisteet ovat laitteiltaan melko identtiset. Työpisteeseen kuuluu pöytätietokone, usein kannettavan tietokoneen lataustelakka sekä useimmiten kaksi näyttöä. Näyttöjen lukumäärästä syntyykin kohteiden työpisteiden välillä oikeastaan ainoa ero, sillä E-toimistossa arviolta puolessa työpisteistä on vain yksi näyttö. Tarkastelun tulokset ovat esitetty luvun taulukoissa 7 ja 8.

Granlund Oy

Koska Granlundin tarkastelualueille ei ollut omia energiankulutusmittareita pistorasiaryhmille, piti niiden kulutus laskea alueryhmien kokonaisenergiasta vähentämällä valaistuksen kuluttama energia. Tämä kuitenkin käytännössä tarkoittaa pistorasioiden kuluttamaa eli pääasiassa työpisteiden kuluttamaa sähköenergiaa.

Taulukko 7. Granlund Oy, kerrosten työpistetarkastelu.

Granlund Oy Helsinki				
Kerros	Työpisteiden lukumäärä [kpl]	Työpisteiden energiankulutus klo 12–13 [Wh]	Energiankulutus yhtä työpistettä kohden klo 12–13 [Wh]	Työpisteiden energiankulutus neliötä kohden klo 12–13 [Wh]
1	145	30145	207,90	15,07
2	125	28529	228,23	15,85
3	120	13095	109,13	7,28
Yhteensä	390	71769	181,75	12,82

ABB Oy, E-toimisto 3. & 4. kerros

Taulukko 8. ABB Oy E-toimisto, kerrosten työpistetarkastelu.

ABB Oy Helsinki, E-toimisto				
Kerros	Työpisteiden lukumäärä [kpl]	Hetkellinen työpisteiden näennäistehonkulutus [VA]	Hetkellinen näennäistehonkulutus yhtä työpistettä kohden [VA]	Työpisteiden hetkellinen näennäistehonkulutus neliötä kohden [VA]
3	250	19080	76,32	6,81
4	250	29351	117,40	10,48
Yhteensä	500	48430	96,86	8,65

8.3.3 Tulokset ja vertailu

Esimerkkikohteiden tietoja hankkiessa ja tarkastelua tehdessä huomattiin, että ABB Oy:n E-toimiston valvonta-alakeskuksen energiankulutustiedoista luetut tehojen hetkellisarvot olivat virheellisiä, minkä takia energiankulutustiedoiksi saatiin todettua laskennallisesti vain hetkellinen näennäisteho. Granlund Oy:n energiankulutustiedoista saatiin selville vain tunnin aikana kulutettu energia (pätötehoa). Saadut kulutustiedot olivat kuitenkin samalta käyttötunnilta, tiistailta 17.11.2015 kello 12–13 väliltä.

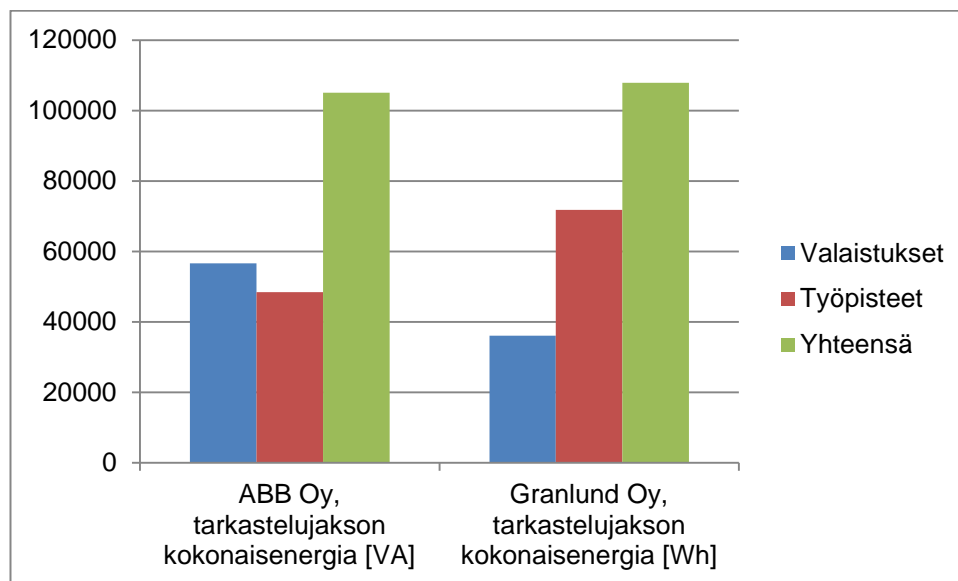
Näiden syiden seurauksena tehdyt tarkastelut ja vertailu jäivät odotettua suppeammaksi, eivätkä kohteista saadut energiankulutustiedot ole keskenään täysin verrattavissa. Saadut tulokset ovat kuitenkin esitetty luvun taulukoissa 9 – 13.

Tarkastelusta jäivät pois muun muassa kohteen valaistuksien ja työpisteiden pätötehojen ja tehokertoimien arvot ja vertailu sekä vuotuisen kulutukseen liittyviä vertailuja, sillä saadut energiankulutustiedot eivät ole riittävän vertailukelpoisia ja vertailu jäisi liikaa arvojen arvioinnin varaan pitkällä tarkastelujaksolla. Samasta syystä luvun tuloksien tarkempi spekulointi on jätetty pois.

Luvun tarkempien ja vertailukelpoisten tuloksien saanti olisi vaatinut toimenpiteitä ABB Oy:n puolesta, mutta yrityksellä ei ollut tällä hetkellä resursseja edistää tämän insinöörityön toteutusta.

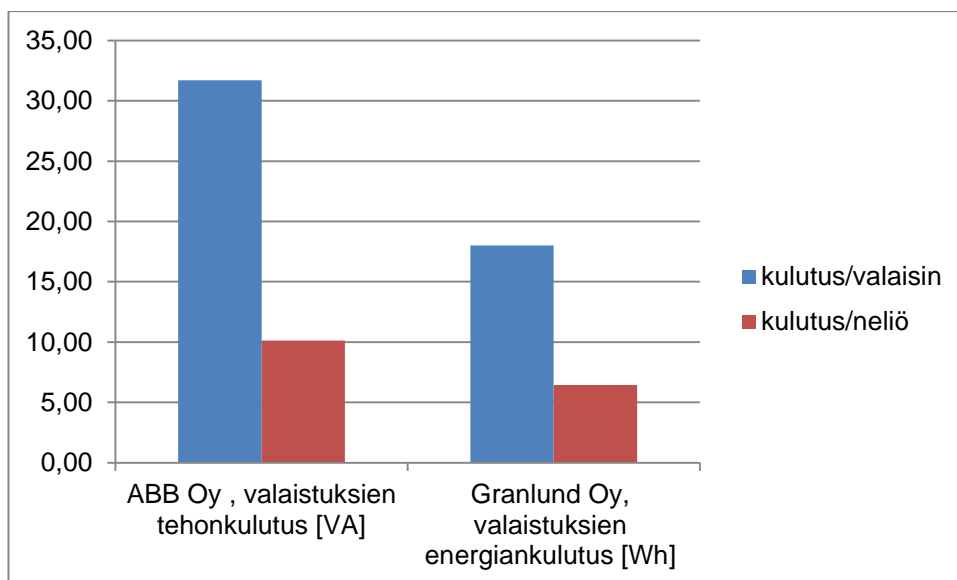
Osa-alueiden energiankulutukset

Taulukko 9. Arvioidut energiankulutuksien suuruudet. Valaistuksien ero 36,3 %. Työpisteiden ero 32,5 %. Kokonaisenergioiden ero 2,6 %.



Valaistukset

Taulukko 10. Arvioidut valaistuksien kulutuksien suuruudet suhteutettuna yhtä valaisinta ja m² kohden.

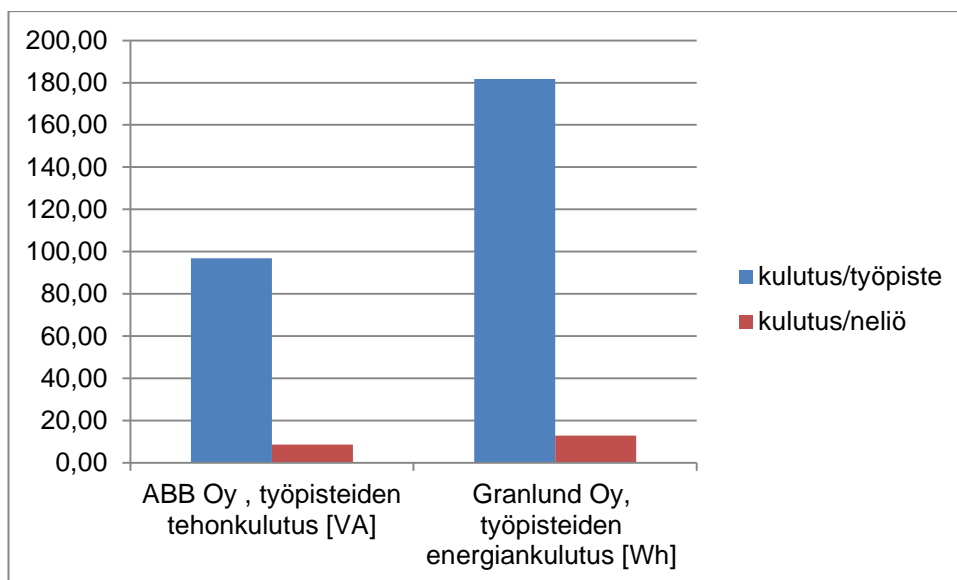


Taulukko 11. Valaistusvertailun tulokset.

Valaistukset	ABB Oy , valaistuksien tehonkulutus [VA]	Granlund Oy, valaistuksien energiankulutus [Wh]	Ero [%]
kulutus/valaisin	31,69	18,02	43,1
kulutus/neliö	10,12	6,44	36,3
Valaisimien lukumäärä	1780	1997	10,9
Kulutus	56651	36087	36,3

Työpisteet

Taulukko 12. Arvioidut työpisteiden kulutuksien suuruudet suhteutettuna yhtä työpistettä ja m² kohden.



Taulukko 13. Työpistevertailun tulokset.

Työpisteet	ABB Oy , työpisteiden tehonkulutus [VA]	Granlund Oy, työpisteiden energiankulutus [Wh]	Ero [%]
kulutus/työpiste	96,86	181,75	46,7
kulutus/neliö	8,65	12,82	32,5
Työpisteiden lukumäärä	500	390	22,0
Kulutus	48430	71769	32,5

9 Sähkösuunnittelu ja kysynnän jousto

Luvussa käydään lävitse toimeksiantajan Granlund Oy:n sähkösuunnittelijoille suunnat-
tuja yleisiä toimintaohjeita kysynnän jouston hyödyntämistä edistävään suunnitteluun
kiinteistössä.

Kysynnän jousto ja sen hyödyntäminen ovat mukana nykypäivän suunnittelussa ja rakentamisessa monesta eri syystä. Kysynnän jouston käyttö tulee kuitenkin vielä huomattavasti lisääntymään lähitulevaisuudessa. Pääsyitä tähän ovat muun muassa tiukentuneet energiatehokkuusvaatimukset ja se, että kysynnän joustoa hyödyntämällä on eri osapuolten mahdollista hyötyä taloudellisesti. Eurojen säästäminen kiinnostaa asiakasta, mikä onkin suuri syy siihen, että rakentamisessa kysynnän jouston hyödyntämisen trendi on kasvamaan päin.

Suunnittelussa kysynnän jouston hyödyntäminen voidaan huomioida monella eri tavalla käsitteen ollessa melko laaja. Itse kuitenkin kiteyttäisin asian suunnittelijan näkökulmasta kahteen sanaan; säädettävyys ja kannattavuus.

Suunnittelijan tulisi pyrkiä nyt ja tulevaisuudessa suosia mahdollisimman joustavia ja säädettäviä teknisiä ratkaisuja. Käytännössä tämä tarkoittaa säädettäviä ja ohjattavia laitevalintoja ja keskuslähtöjä. Ohjattavuus ja säädettävyys toteutettaisiin esimerkiksi kiinteistön kontaktorien, taajuusmuuttajien, rakennusautomaatiojärjestelmän, AMR-mittarin tai mahdollisesti lähitulevaisuudessa reaaliaikaiseen sähkön hintatietoon perustuvan ohjauslaitteen avulla.

Joustavilla tuotevalinnoilla edistetään sekä kiinteistön kysynnän jouston hyödyntämispotentiaalia että koko sähköjärjestelmän tasapainoa. Tavoiteltuun koko sähköntuotannon ja –kulutuksen väliseen tasapainoon on siis mahdollista vaikuttaa jo yhden kiinteistön avulla toteutetulla joustavuudella. *Pienistä puroista ne suuretkin joet kasvavat* – paljon käytetty sanonta pätee myös tässä tapauksessa: yksikin kiinteistö voi vaikuttaa järjestelmän tasapainoon.

Suunnittelussa on myös syytä kiinnittää huomioita hankinnan tai systeemin kannattavuuteen, jolla lähinnä tarkoitan hankinnan elinkaarikustannuksia. Lisäksi on hyvä muistaa, että tekniikka kehittyy nopeasti. Esimerkiksi laitehankintaa tehdessä olisi suositeltavaa myös pitää katse ylhäällä tulevaisuudessa; onko seuraavan sukupolven kehittyneempi, paremmin säädettävä tai energiatehokkaampi versio pian saatavilla?

Kannattavuuteen liittyy myös hankinnan ajankohta. Esimerkiksi kysynnän joustoa ja energiatehokkuutta edistävät muutokset olisi kannattavinta toteuttaa kiinteistössä samaan aikaan muiden merkittävien uusimispäätöksien kanssa. Näin toimimalla voidaan säästyä ylimääräisiltä kustannuksilta.

10 Pohdinta ja johtopäätökset

10.1 Tekniset ratkaisut

Sähköenergian kysynnän jousto tulee tulevaisuudessa mahdollisesti uudistamaan muun muassa sähköenergian hankinnan menettelyjä kiinteistötyypistä riippumatta. Kuluttaja tulisi käyttöönottamaan reaaliaikaiseen sähkön pörssihintaan perustuvan tariffin. Tällaisia sähköpörssin käyttötunnin hintaan perustuvia ja laskutettavia tariffeja on jo olemassa, mutta hintatietoon perustuvaan kiinteistöautomaation ohjaukseen toimisto- ja teollisuuskiinteistöjen tasoisissa kohteissa ei vielä ole selkeitä käytössä olevia tuotteita.

Sähkö- tai öljylämmitteisiin asuin- tai lomakiinteistöihin tarkoitettuja sähköpörssin tunti-hinnan perusteella kuormia ohjaavia ohjausjärjestelmiä on jo markkinoilla, ja niitä käsiteltiin luvussa 4.2.4. Ohjausjärjestelmään kuului pääkeskukseen liitettävä keskusyksikkö, joka seuraa ja ohjaa haluttuja kuormia Nord Pool -sähkön pörssihinnan, ulkoilman lämpötilan ja kiinteistön tilojen lämpötilojen perusteella.

Todennäköistä on, että avaintekijä ensimmäiseen reaaliaikaiseen hintatietoon perustuvaan, suosiota saavaan ohjausjärjestelmään tai olemassa olevaan automaatiojärjestelmään reaaliaikaisen hintatiedon tuojana toimiva ratkaisu keskisuurissa ja suurissa kiinteistöissä tulee olemaan joko aiemmin mainitun ohjausjärjestelmän keskusyksikön kaltainen tuote tai seuraavan sukupolven etäluettavat sähkömittarit.

Keskusyksikön kaltainen tuote voisi esimerkiksi olla liitettävissä jo kiinteistössä olevaan rakennusautomaatiojärjestelmään, esimerkiksi KNX-automaatiojärjestelmään. Laite pystyisi hyödyntämään ja ohjaamaan kiinteistön talotekniikan järjestelmien tietoja esimerkiksi kiinteistön valvonta-alakeskukseen (VAK) liitettynä. Laite olisi kytketty kiinteistön teknisten järjestelmien lähtöihin, joiden se antaisi toimia ja säätyä niinkuin aiemminkin, mutta ohjauskäskyjä tulisi näiden lisäksi myös ennalta asetettuihin järjestelmäkohtaisiin hintatietoihin perustuvien raja-arvojen avulla.

Toisena mahdollisuutena näen seuraavan sukupolven etäluettavat sähkömittarit, joita tarkasteltiin työn luvuissa 4.2.3 ja 4.2.5. Uuden sukupolven etäluettavien sähkömittareiden ominaisuuksiin lukeutuu nykyiseen verrattuna muun muassa huomattavasti laa-

jempi toiminnallisuus ja parempi suorituskky. Uudet etäluettavat mittarit voisivat mahdollisesti mahdollistaa reaaliaikaiseen hintatietoon perustuvan, sekä muidenkin muuttujien perusteella toteutetun kuormienohjauksen, kuten mahdollisesti kiinteistön taajuuden mittauksen ja sen ylläpidon perusteella. Seuraavan sukupolven sähkömittareiden asennuksen on arvioitu alkavan Suomessa 2020-luvun alussa.

Joka tapauksessa ratkaiseva hintatiedon rakennusautomaatiojärjestelmään tuova ja sen perusteella ohjaukskäskyjä tekevä ja hyödyntävä toteutus tulee varmasti olemaan osana lähitulevaisuuden rakennusautomaatiota ja talotekniikkaa.

Tulevaisuudessa reaaliaikaiseen hintatietoon perustuvan kuormanohjausmenetelmän mahdollisen suosion kasvaessa tulee sen käyttämiseen vielä liittymään joitakin teknisiä asioita, joita tulee pohtia. Ongelmaksi voi esimerkiksi muodostua sähköverkon kuormien pois- ja takaisinkytkentäpiikkien kasvu halvan sähkön ajankohtina, mikä voi vaatia kuluttajien kuormanohjauksien tietynlaista porrastamista tai säätöä.

10.2 Ohjauksen ajankohta

Sähköenergian kysynnän joustoa hyödynnetään jatkuvasti käytön, sähkön hinnan ja olosuhteiden mukaan. On kuitenkin ajankohtia, jolloin kysynnän joustosta on mahdollista hyötyä normaalia enemmän. Tällaisia ajankohtia ovat muun muassa sähkön hinnan hetkellinen nousu tai esimerkiksi työpäivän päätös, jolloin rakennuksen ilmanvaihdon ja lämmityksen tarve vähenee. Otollisia hyödyntämis-ajankohtia tarkasteltiin muun muassa työn luvussa *7.1 Varavoimakoneen käyttö*.

Sähkön hinta voi nousta monesta eri syystä. Sähköä ei myöskään kuluteta tasaisesti, vaan sen kulutushuippu voi ajoittua ja kuormittaa selvästi enemmän tiettyä ajanhetkeä. Yleensä sähkön hintahuippu ajoittuu aamupäivän tunteihin, jolloin sähkön hinta nousee selvästi. Esimerkiksi Suomessa vuoden suurin hetkellinen sähkönkulutushuippu on talvella kylmänä arkiaamuna. Asia voidaankin tiivistää siten, että sähkön kysynnän kasvaessa kasvaa myös sähkön hinta.

Tulevaisuudessa on mahdollista hyödyntää kysynnän joustoa esimerkiksi toimistorakennuksessa ohjaamalla pistorasiaryhmiä reaaliaikaiseen sähkön hintaan perustuen. Ohjattuihin pistorasiaryhmiin olisi kytkettynä esimerkiksi kannettavia tietokoneita, puhe-

limen latureita ja sähköautojen latauspisteitä. Pistorasiat ohjattaisiin pois päältä kalliin sähkön hinnan aikaan esimerkiksi jopa muutamaksi tunniksi aiheuttamatta minkäänlaista käyttökatkosta tai häiriötä, tietyin raja-arvoin kehittyneen kiinteistöautomaation ja tekniikan avulla.

10.3 Yhteenveto

Kysynnän jouston käsite on vielä toistaiseksi vieras ja sitä voidaan tulkita laajasti, mutta lähivuosien aikana käsitteen tunnettuus, mahdollisuudet ja käyttö tulevat yleistymään. Osasyitä käsitteen vierauteen ja toistaiseksi vähäiseen käyttöön verrattuna käyttöpotentiaaliin ovat vielä toistaiseksi sen hyödyntämiseen käytettävän selkeän tekniikan, käyttötarkoituksen, hyödyn ja tietoisuuden puute. Tämän työn yhtenä tavoitteena juuri oli parantaa lukijan tietämystä esimerkiksi näihin osa-alueisiin liittyen. Sähkösuunnittelijalle tarkemmin suunnattu työn osuus käsiteltiin työn luvussa 9 *Sähkösuunnittelu ja kysynnän jousto*, jossa käytiin lävitse muun muassa kysynnän joustoa edistävään suunnitteluun liittyviä toimintaohjeita.

Käytännössä nykypäivän talotekniikassa ohjattavat laitteet ovat jo riittävän ohjattavia kysynnän jouston toteutukseen, mutta tämän hetken ahtain pullonkaula on ohjauslaitteissa. Pullonkaula on joustavuuden puute kuormienohjauksessa, joka edistäisi tasapainoista sähkönkulutusta ja -tuotantoa. Yhtenä ratkaisuna tähän voisi olla esimerkiksi reaaliaikaisen sähköenergian hintatiedon tuonti kiinteistöautomaatiojärjestelmään ja sen perusteella toteutettu kuormien ohjaus ja säätö. Tasapainoisempi sähkönkulutus tarkoittaisi huippukulutusten hetkellä sähkönkulutuksen vähentämistä tai siirtämistä toiseen vähempikulutuksiseen ajankohtaan.

Kehittyneen tekniikan, kysynnän jouston ja rakennusautomaation avulla on mahdollista saavuttaa huomattavasti energiatehokkaampi kiinteistö, mikä tarkoittaa kuluttajan näkökulmasta kiinteistön pienempiä käyttökustannuksia ja sitä kautta muun muassa taloudellista hyötyä.

Kysynnän jouston avulla tulee siis yleinen sähkönkulutus tasaantumaan, mikä hyödyttää sähkömarkkinoiden eri osapuolia. Esimerkiksi sähköverkkoyhtiön jakeluverkon komponenttien ja kaapeleiden huippukuormitus pienenee, mikä vähentää verkon rasitusta. Sähkön riittävyydestä vastaava kantaverkkoyhtiö Fingrid Oy voisi myös esimer-

kiksi vähentää ulkomailta ostetun tuontisähkön tai säätösähkön osuutta ainakin kulu-
tushuippujen hetkillä, mikä tulisi vaikuttamaan suotuisasti Suomen sähkön markkina-
hinnan suuruuteen ja varmasti lisäämään sähkönkuluttajien tyytyväisyyttä.

Lähteet

- 1 Energiateollisuus ry. 2015. Älykäs sähköverkko. Verkkodokumentti. <<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/alykas-verkko>>. Luettu 21.9.2015.
- 2 Koski, Tuomas. 2014. Valvonta-alakeskuksen suunnittelu saneerauskohteeseen. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu.
- 3 Sähkömittari. 2015. Caruna. Verkkodokumentti. <<https://www.caruna.fi/sahkomittari>>. Luettu 5.9.2015.
- 4 Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkko-yhtiöille. 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. Verkkodokumentti. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22916/kysynnan_jousto_loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 30.9.2015.
- 5 Kenneth H. Energiateollisuus ry:n johtaja. 2014. Taloussanomien haastattelu. Verkkodokumentti. <<http://www.taloussanomat.fi/asuminen/2014/10/31/joka-kotiin-saatiin-juuri-alyksahkomittari-kohta-ne-uusitaan-taas/201415194/310>>. Luettu 15.10.2015.
- 6 Aidon Oy. 2015. Aidon toimittaa seuraavan sukupolven älykkään mittausjärjestelmän. Verkkodokumentti. <<http://www.aidon.com/news/240/270/Aidon-toimittaa-seuraavan-sukupolven-alykkaeen-mittausjaerjestelmaen-Vaestervik-Miljoe-Energille-Ruotsiin/%3E>>. Luettu 15.11.2015.
- 7 Anvia Oyj. 2015. Kotitonttu. Verkkodokumentti. <<http://www.anvia.fi/yksityisille/energianhallinta/tonttu/kotitonttu-takoo-saastoa>>. Luettu 16.10.2015.
- 8 Cleworks Oy. 2015. Clebox. Verkkodokumentti. <<http://www.cleworks.fi/faq>>. Luettu 16.10.2015.
- 9 Hirn, Esa. 2015. Kysyntäjoustop laaja näkökulma ja mahdollisuudet. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 10 Motiva Oy. 2012. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Verkkodokumentti. <http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf>. Luettu 2.10.2015.
- 11 Energiateollisuus ry. 2007. Käytä kaukolämpöä oikein. Verkkodokumentti. <http://energia.fi/sites/default/files/kayta_kaukolampoa_oikein_suomi.pdf>. Luettu 10.11.2015.
- 12 Energiateollisuus ry. 2015. Kaukolämmön toimintaperiaate. Verkkodokumentti. <<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>>. Luettu 10.11.2015.

- 13 Kantonen, Jarno. 2014. Tutkimus varavoimakoneen käytöstä sähköverkon tukemisessa. Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu.
- 14 Medifast tekniikka Ky. 2015. Varavoimakoneiden vikaantuminen. Verkkodokumentti. <http://www.medifast-tekniikka.fi/artikkelit/Varavoimakoneiden_vikaantuminen.pdf>. Luettu 22.11.2015.
- 15 Energy Brokers Finland Oy. 2010. Sähkötuotteet eli tariffit. Verkkodokumentti. <https://www.kilpailuttaja.fi/palvelut/tuki_ja_ohjeet/Sahkon_hinta_ja_kilpailuttaminen_kilpailuttajafi_palvelussa/sahkotuotteet_eli_tariffit/>. Luettu 12.11.2015.
- 16 Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2008. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. Verkkodokumentti. <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/s-18.3153/materiaali/S-18_3153_sahkomarkkinat_-_moniste.pdf>. Luettu 28.10.2015.
- 17 Nord Pool Spot AS. 2015. Elspot prices. Verkkodokumentti. <<http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/FI>>. Luettu 22.11.2015.
- 18 Fingrid Oyj. 2015. Kulutuksen ja tuotannon tasapainon eli taajuuden ylläpito. Verkkodokumentti. <<http://www.fingrid.fi/FI/VOIMAJARJESTELMA/VOIMAJARJESTELMA%20NHALLINTA/KULUTUKSEN%20JATKUVUUS/ANNON%20TASAPAINON%20YLLAPITO/Sivut/default.aspx>>. Luettu 14.11.2015.
- 19 Fingrid Oyj. 2015. Säätosähkömarkkinat. Verkkodokumentti. <<http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/tasepalvelut/tasehallinta/saatosahkomarkkinat/Sivut/default.aspx>>. Luettu 14.11.2015.
- 20 Söyrinki, Mikko. 2008. Kuorman ohjaus sähköjakeluverkossa. Verkkodokumentti. <http://butler.cc.tut.fi/~repo/Opetus/Projektityot/Mikko_Soyrinki_Kuorman_ohjaus_sahkonjakeluverkossa.pdf>. Luettu 1.11.2015.
- 21 Metallwarenfabrik Oy. 2014. GEKO 20003 ED-S/DEDA 200 kVA. Verkkodokumentti. <<http://www.metallwarenfabrik.com/en/produkte/geko-stromerzeuger/altemodelle/mg/produkt/pdf/200003-ed-sdeda-1/>>. Luettu 10.11.2015.
- 22 Fingrid Oyj. 2015. Sähköjärjestelmän toiminta talven 2014–2015 kulutushuipputilanteessa. Verkkodokumentti. <<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelmaliitteet/S%20A4hk%20toimitusvarmuus/2015/S%20A4hk%20B6j%20A4rjestelm%20A4n%20toiminta%20talven%202014-2015%20kulutushuipun%20aikana.pdf>>. Luettu 22.11.2015.



GEKO

200003 ED-S/DEDA

Order Number 986723

Open design with Deutz engine water cooled and turbo charged. Controlbox handling opposite to exhaust. Fuel level indicator. Running time counter. Voltmeter Amperemeter Emergency pushbutton. Operating time with one tank filling up to 7 hours at 75% load.

Connections: terminal block



Attribute	Unit	Value
Genset type		Synchronous
Electrical capacity (3~) cos ϕ 0,8	VA	200000
Voltage (3~)	V	400
Voltage (1~)	V	230
Current (3~)	A	287
Frequency	Hz	50
Protection		IP 23
Engine type		BF6M1013FC
Cylinders		6
Speed	U min ⁻¹	1500
Fuel type		Diesel
Engine oil capacity	l	20
Engine power	kW	183
Regulator		elektronisch
Starter battery	V / Ah	12 / 120
Starter motor	V / kW	12 / 3
Cooling	Motor / Generator	Wasser / Luft
Fuel capacity	l	255
Consumption at 75% load	l/h	36.3
Consumption at 100% load	l/h	49.2
Weight	kg	1740
Dimensions	mm	2550 x 1200 x 1600
Acoustic pressure	dB(A)	98
Case		

Related equipment	Order Number	Related equipment	Order Number
Exhaust hose, 904875	904875	Adapter for exhaust hose, 904074	904074
Starting battery, 954481	954481	Starting battery, 954482	954482
FI-Schutzschalter mit Erdungsgarnitur (3~) 904829	904829	Kaltstartpaket 904715	904715
Kühlwasservorheizung 904841	904841	Water separator, 904344	904344
Tank vent for external fuel tank, 988595	988595	Emergency automatic power supply CE804, 988680	988680
Control cable for emergency automatic power sup ...	988362	CSM-Modem for BLC 200 904849	904849
PC or TCP/IP interface, 988348	988348	Webasto heater, 904981	904981
Synchronisation, on demand	auf Anfrage		



Metallwarenfabrik Gemmingen GmbH
 Industriestrasse 1 D-75050 Gemmingen
 Telefon +49 (0) 7267 806-0 Fax +49 (0) 7267 806-100
 www.metallwarenfabrik.com info@metallwarenfabrik.com